

ソバの貯蔵における雪室利用の有効性について

神山 伸^{1†*}、伊藤 美咲^{1†}、押味真里菜^{1†}、瀧口 真子¹、櫛原詩野¹、
石黒真理子¹、小林 和也²、下條 明²、渡辺 聡²、曾根 英行^{1**}

雪室貯蔵は雪を冷却源として食品の保存に用いる貯蔵方法であり、豪雪地域を中心に古くから行われている。この雪室貯蔵は二酸化炭素を排泄しない冷却方法として見直されつつあり、近年ではまたその優れた品質保持効果と食味向上効果に注目した取り組みがなされている。本研究では、夏期の高温による品質低下が大きいソバを試料とし、その品質保持における雪室貯蔵の効果を検証した。収穫直後の玄ソバを常温、冷蔵庫、雪室のそれぞれの条件で2.5ヶ月、5ヶ月、7.5ヶ月間貯蔵し、貯蔵条件の違いが脂質過酸化と香気成分の保持に及ぼす影響を検討した。その結果、5ヶ月までの貯蔵では、常温貯蔵した玄ソバと比較した場合、冷蔵貯蔵では過酸化脂質の生成が抑制されるとともに、多くの香気成分が残存しており、雪室貯蔵では、冷蔵保存と比較してもさらに良好な成績を示した。製麺したそばの官能評価では、常温貯蔵のそばと雪室貯蔵のそばは3点識別法で有意に識別されており、また5点評価法では有意差はみられなかったものの、雪室貯蔵で好まれる傾向が示された。香気成分の保持に関するモデル実験では、疑似雪室で保存した試料は常温保存および冷蔵保存と比較して、高級脂肪酸アルコールを中心に多くの香気成分を保持していたが、不快臭の原因となる短鎖アルデヒド類に対する保持効果はみられなかった。これらの結果から、ソバの雪室貯蔵はその品質と香気成分を保持する上で有効であることが示され、またこの効果は低温のみならず高湿度の条件が寄与していることが示唆された。

キーワード： 雪室貯蔵、ソバ、過酸化脂質、香気成分

緒言

雪室貯蔵は氷雪利用による冷蔵方法の一種であり、日本においても北陸地方や東北地方を中心に広く行われてきた¹⁻³⁾。冬期の多量の降雪を冷却資源として利用するこの冷蔵方法は、近代まで北陸の積雪地域では一般的なものであったが、電気利用冷蔵庫の普及により次第に利用されなくなり、その多くが姿を消して行った。近年では逆に、雪や氷を利用するこの「氷雪冷却」の価値が見直されつつあり、「氷雪冷却エネルギー」が二酸化炭素を排出しない環境に優しい冷熱エネルギーとして注目されている。

雪を利用した食品の貯蔵方法としては、農作物を収穫せずに雪の下に放置する「雪下貯蔵」

や、コンテナ等に入れた食品を野外の雪の中で貯蔵する「雪中貯蔵」、雪室に貯蔵した雪を冷房源として夏の間の食品貯蔵などに利用する「雪室貯蔵」がある。いずれも外部エネルギーを必要とせずに低温・高湿度（室温0～2℃、湿度95%以上）の環境を保てることから、農作物の乾燥を防ぎ、その品質を保持する上で有用である⁴⁾。

このように、雪を利用した食品の保存は古くから行われてきた方法であるが、近年では、食品の品質保持のみならず、その食味向上効果に注目した取り組みがなされている。例えば、雪中貯蔵を行ったにんじん（雪下にんじん）^{5,6)}やキャベツ（雪下かんらん）⁷⁾、じゃがいも⁸⁾などの作物では、低温馴化によって遊離糖や遊

¹ 新潟県立大学人間生活学部健康栄養学科 ² 新潟県農業総合研究所食品研究センター

責任著者 連絡先: * kammy@unii.ac.jp, ** sone@unii.ac.jp [†] 共同筆頭著者

利益相反: なし

離アミノ酸が増加することにより、その食味が向上することが示されている。特に、新潟県津南町の特産物である雪下になじんにおいては、有機酸やアミノ酸のような味成分の増加に加え、 β -カリオフィレンのような香気成分が増加することによる食味の向上が報告されている^{5,6)}。また、農作物のみならず、加工食品においても雪室貯蔵の有効性が示されているものがあり、例えば、雪室貯蔵した日本酒では、ひね香(老香)と呼ばれる不快な臭いの原因成分であるイソバレルアルデヒドの生成が抑制され、品質保持上有用であることが示されている⁹⁾。新潟県立大学においても、雪室熟成を行ったコーヒー豆は、不快臭を含むアルデヒド類の香気成分が減少し、甘い香りや香ばしい香りを含むピラジン類とコーヒーらしい香りを含むフラン類の構成比が上昇することにより、コーヒーの呈味が向上することを報告している¹⁰⁾。これらの知見から、雪室貯蔵の利用は急速に拡大しており、近年では加工食品を含むさまざまな食材について低温貯蔵する試みが行われているが、その有効性が示されたものは必ずしも多くはない。

ソバは冷害や旱害に強く、生育期間が早く早く収穫できるため、古くより「救荒作物」として栽培されてきたとともに、米の作りにくい山間地や寒冷地においては現在でも主力作物として作付けされている。ソバ殻に覆われた状態である玄ソバは、乾燥状態にあれば発芽状態を保ったまま極めて長期の保存が可能であり、江戸時代末期(天保年間)の玄ソバから発芽させた「幻の山形天保そば」のような例も知られている。しかし、穀物としてのソバはその品質と特有の香気を失いやすく、夏を越したソバはひね蕎麦(「ひね」は陳と書き、古いものの意)と呼ばれ品質が劣るものとされてきた。この品質低下は温度が高いほど大きいことから、適切な温度管理によりソバの品質を延長させようとする試みがなされている。

ソバの雪室貯蔵に関しては、新潟県において雪中貯蔵した玄ソバを利用したそばなど、「雪室そば」が活用されており、常温保存や冷蔵庫保存のソバよりも風味がよいとの評価もされているものの、その科学的な検証はなされていない。本研究では、この雪室貯蔵したソバに

ついて、常温貯蔵と冷蔵庫による貯蔵と比較することにより、実際に品質保持効果がみられるかどうかについて検討した。

方法

実験試料と貯蔵方法

実験試料としては、平成24年(2012年)秋に新潟県魚沼産にて収穫された玄ソバを用いた。

貯蔵条件としては、①収穫直後 ②常温貯蔵 ③冷蔵貯蔵 ④雪室貯蔵の4群を設定した。収穫直後の試料は、入手後直ちに -80°C に保存した。常温貯蔵と冷蔵貯蔵は厳密な温度管理のもと、新潟県農業総合研究所食品研究センターにて室内(平均温度 15.1°C)および冷蔵庫(平均温度 3.9°C)で行った。雪室貯蔵は、新潟県上越市安塚区の雪室貯蔵庫(平均温度 0.5°C)を利用して行った。包材としては紙袋を用い、雪室および冷蔵貯蔵においてはカビや微生物の繁殖防止のため紙袋のまま通気性のあるケースに入れて保存した。貯蔵は平成24年12月下旬に開始し、貯蔵期間は2.5ヶ月、5ヶ月、7.5ヶ月とした。期間終了後はただちに -80°C で保存した。

分析と官能検査には、それぞれの玄ソバを石臼挽により製粉したソバ粉を用いた。製粉後の試料は実験時まで、 -80°C に保存した。

過酸化脂質の測定

試料中の過酸化脂質は、チオバルビツール酸(thiobarbituric acid, TBA)法¹¹⁾により定量した。試料約1gを精秤し、エーテル2mLを加えて混和し、30分放置した後、遠心分離(3000rpm、5分間)により上清を回収した。この操作を2回繰り返し、回収した脂質を窒素ガスの下で乾固させた。これに8.1% SDS溶液200 μL 、酢酸緩衝液(pH 3.5)1.5mL、0.8% ジブチルヒドロキシトルエン50 μL 、5mM FeCl_2 250 μL を加え溶解し、0.66% TBA溶液0.4mLを加え混和し、沸騰水浴中で1時間加熱した。加熱後、水道水で室温まで冷却し、ピリジン・ブタノール(1:15)1mLを加えて混和抽出後、遠心分離した。回収した上清について、532nmにおける吸光度を測定した。試料を含まない対照液に

ついて同様の操作を行い、ブランクとした。
得られた吸光度から下記の計算を用いて、TBA
反応産物量 (TBA reactive substance, TBARS)
を算出した。

TBARS (赤色色素量 $\mu\text{mol/g}$) = 吸光度
 $/156000 \times 10^6 / \text{試料重量 (g)}$

加熱脱着ガスクロマトグラフィー質量分析 (加熱脱着 GC-MS) による香気成分の測定

丸底フラスコにソバ粉 0.5 g に蒸留水 10 mL
と内部標準液 (0.1% 2-acetylpyridine, Sigma-
Aldrich) 100 μL を入れ、40℃の恒温槽に入れ固
定し、10 分間加温することにより香気成分を
加熱脱着用テナックス捕集管 (AERO TD GL-
Tube Tenax、ジーエルサイエンス) に吸着させ
た。香気成分を吸着させたテナックス捕集管
について、加熱脱着 GC-MS (QP5050A, 島津
製作所) で分析した。それぞれの香気成分は、
CLASS-5000 ソフトウェアを用いて解析した。

官能検査

常温貯蔵と雪室貯蔵のそれぞれのソバ粉につ
いて、ソバ粉 7:小麦粉 3 の割合で混合し、小
型パスタ機 MPC-2500 (不二精機株式会社) を
用いて製麺した。製麺後のそばを沸騰水中で 2
分間茹で、直ちに氷水中で 1 分間冷却した。

官能検査は新潟県立大学の女子学生 38 人 (20
～ 22 歳の健康的な女性) を対象とし、3 点識
別法と評価法により行った。3 点識別法では、
パネル 38 名をグループ A とグループ B の 2 組
に分け、常温貯蔵のそばと雪室貯蔵のそばにつ
いて組み合わせを変え提示した。試験は 1 人 1
回行い、正判定数について 2 項分布により検定
した。評価法では、3 点識別法と同一のパネル
を対象とし、提示したそばのそれぞれについて
総合的なおいしさ (香り・味) を指標として 5
段階評価 (-2, -1, 0, 1, 2) を行った。評価法の
検定は、有効な回答の得られた評点 (常温貯蔵
 $n = 35$ 、雪室貯蔵 $n = 33$) の平均値について、
対応無しの t 検定を用いて行った。

モデル実験

穀類の代表的な香気成分である炭素数 6 ～
9 のアルコールとアルデヒドを中心に、12 種

類の香気成分の揮発状態についてモデル実
験を行った。香気成分として、ヘキサノール
(1-hexanol、和光純薬)、ヘキサナール
(1-hexanal、和光純薬) ヘキセナール (Trans-
2-Hexenal、和光純薬)、ヘキセノール (Trans-3-
Hexen-1-ol、和光純薬)、オクタノール (1-octanol、
和光純薬)、オクタナール (1-octanal、和光純薬)、
ノナノール (1-nonanol、和光純薬)、ノナナール
(Nonanal、和光純薬) ノネノール (Cis-2-
Nonen-1-ol) (東京化成)、ノネナール (Trans-2-
Nonenal、東京化成)、ファルネソール (Farnesol、
和光純薬)、酪酸ブチル (Butyl butyrate、和光
純薬) を用いた。保存条件としては、①添加直
後 ②常温 (22℃設定の恒温器) ③冷蔵 (家
庭用冷蔵庫) ④疑似雪室 (0℃設定の低温高湿
庫にクラッシュドアイス静置したもの) の 4
群を設定した。 β -コーンスターチ (オリエン
タル酵母工業株式会社) に香気成分をそれぞれ
0.1% (v/w) の割合で添加し、十分に混合した。
この試料 3.0g をアルミ皿に精秤し、濾紙で蓋
をし、それぞれの条件で静置した。貯蔵期間は
平成 25 年 2 月 8 日から 2 週間および 4 週間とし、
終了後 - 80℃で保存した。保存試料について、
残存する香気成分の量を水素炎イオン化型検出
器 (flame ionization detector, FID) によるガスク
ロマトグラフィー (GC-FID) で分析した。

GC-FID による香気成分の測定

各試料 0.5 g に内部標準液 (0.1% 2-アセチ
ルピリジン) 10 μL を加え、酢酸メチル (純正
化学) 1 mL で 2 回抽出したものを試料とした。
調製した試料を GC-FID (GC-2014、島津製作
所) で分析した。それぞれのピークは、標準物
質をもとに同定した。

統計解析

官能評価を除く測定結果の統計解析は、一
元配置分散分析 (one-way ANOVA) で行
い、5% を有意水準とした。群間の多重比較
は、Bonferroni 法によるポストホック解析で
行った。統計処理は StatView 5.0 (SAS Institute
Inc.) プログラムを用いて行った。

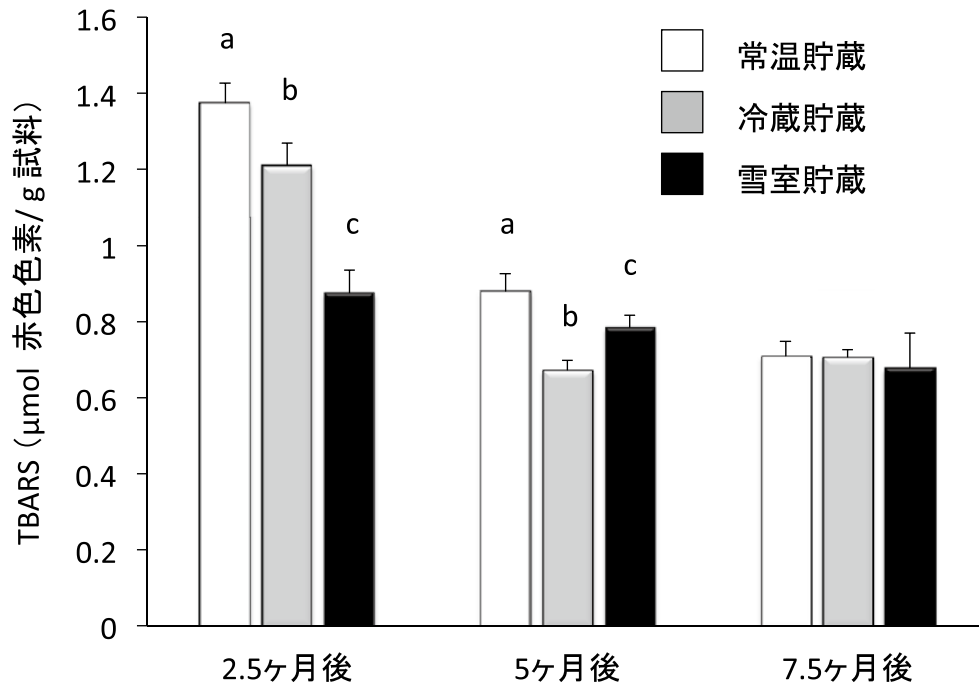


図1 貯蔵による過酸化脂質量の変化

それぞれの試料に含まれる過酸化脂質量を、チオバルビツール酸 (TBA) 法により測定した。過酸化脂質量は TBA 反応産物量 (TBARS) として、1g 試料あたり生成した赤色色素量 ($\mu\text{mol/g}$) を平均値 \pm 標準偏差で表した。a, b, c 異なる文字は有意差 ($P < 0.05$) を示す。

結果

過酸化脂質量による品質評価

貯蔵条件の違いによる品質の違いは、脂質過酸化の度合いにより評価した。ソバをはじめとする穀物は多価不飽和脂肪酸を多く含むため、貯蔵期間が長くなると脂質過酸化によりその品質が劣化する。玄ソバにはおよそ 3% の脂質が含まれており、その品質の重要な指標として酸化度や過酸化物質を測定することが多い¹²⁾。

収穫直後の玄ソバをそれぞれの条件で貯蔵した試料について、エーテル抽出した脂質に含まれる過酸化脂質量を TBA 法により測定した結果を図 1 に示した。貯蔵開始から 2.5 ヶ月後では、過酸化脂質量は常温貯蔵に比べて冷蔵貯蔵で有意に低下しており、低温保存はソバの品質保持上有効であることが確認された。雪室貯蔵では、冷蔵保存と比較した場合でもさらに低値を示した。この差は貯蔵期間の延長に従って小さくなり、7.5 ヶ月後では明確な差は認められなかった。

通常、脂質の過酸化は貯蔵期間の延長に従っ

て増加するが、本実験では貯蔵期間の延長に従い減少していた。過酸化脂質の生成が 2.5 ヶ月後でピークとなり、それ以降は生成された過酸化脂質が分解したため、過酸化脂質量が減少した可能性が考えられる。また、TBA 法は脂質ペルオキシラジカルやペルオキシドのみならず

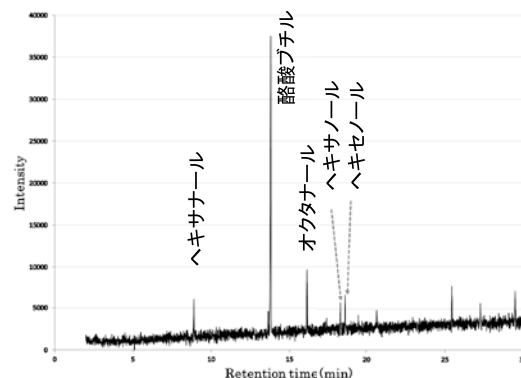


図2 ソバ香気成分の GC-MS クロマトグラム

収穫直後のソバについて、含まれる香気成分を加熱脱着法によるガスクロマトグラフィー質量分析 (加熱脱着 GC-MS) で分析したクロマトグラムを示した。それぞれの香気成分は、CLASS-5000 ソフトウェアを用いて同定した。

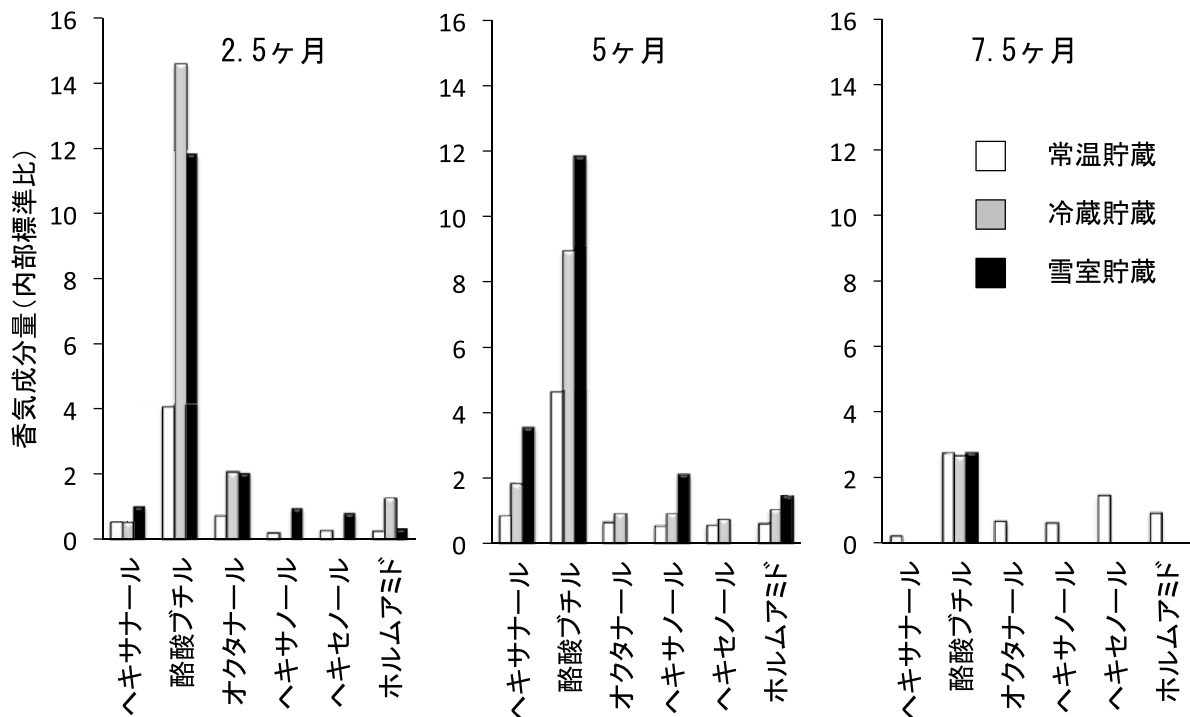


図3 貯蔵による香気成分の変化

それぞれの試料について、加熱脱着 GC-MS 分析によって検出された香気成分の量を内部標準比として表したものを示した。

さまざまな過酸化脂質由来の生成物とも反応するため¹¹⁾、生成物の揮発や重合による安定化などの結果、TBA 反応産物量が減少した可能性も考えられる。

貯蔵による香気成分の変化

それぞれの試料の香気成分は、テナックス捕集管を利用した加熱脱着 GC-MS により分析した。収穫直後のソバの香気成分のクロマトグラムを図2に示した。穀類の代表的な香気成分であるヘキサナール、ヘキサノール、ヘキセノールに加え、ソバの香気成分であるオクタナールと、果実香を示す酪酸ブチルが検出された。検出量としては、酪酸ブチルが最も高い値を示した。

それぞれの試料について、検出された香気成分の量を内部標準比として表したものを図3に示した。2.5ヶ月後では、検出した香気成分の

全てが、常温貯蔵よりも冷蔵貯蔵と雪室貯蔵において高い値を示した。最も多く検出された酪酸ブチルにおいては、冷蔵貯蔵、雪室貯蔵ともに常温貯蔵の3倍以上の値を示した。この傾向は5ヶ月後でも認められ、酪酸ブチル、ヘキ

サナール、ヘキサノール、ホルムアミドにおいては、雪室貯蔵、冷蔵貯蔵、常温貯蔵の順で高値を示した。一方、7.5ヶ月後では、全ての貯蔵方法において香気成分が大きく減少しており、貯蔵方法による差は認められなかった。長期間の保存により、ソバの香気成分が全体的に消失したものと考えられる（ただし、製粉時の気温が高かったことから、調製したソバ粉試料のいずれも高温となったことが影響した可能性も考えられる）。これらの結果から、5ヶ月以内の貯蔵において、雪室貯蔵によるソバの香気成分の保持効果が大きいことが示された。

官能検査による評価

常温貯蔵したソバと雪室貯蔵したソバとの間で、実際に風味の違いがみられるかを確認するため、官能検査による評価を行った。7.5ヶ月貯蔵後のソバ粉を、ソバ粉7:小麦粉3で混合し、製麺し2分間茹でたものを試験に供した。両者の判別について、3点識別法で試験した結果を表1に示した。全判定数38のうち、23の正判定が得られ、危険率0.1%で有意に常温貯蔵と雪室貯蔵のそばの違いが判別できることが示さ

表1 3点識別法による常温貯蔵ソバと雪室貯蔵ソバの識別

グループ	パネル数	正答数	検定
A 群	18	12	**
B 群	20	11	*
全体	38	23	***

常温貯蔵した玄ソバと雪室貯蔵した玄ソバの製粉物について、ソバ粉7:小麦粉3の割合で製麺し、2分間茹でたものについて3点識別法によって官能検査を行った。3点識別法では、パネル38名をグループAとグループBの2組に分け、常温貯蔵のそばと雪室貯蔵のそばについて組み合わせを変え提示した。試験は1人1回行い、正判定数について2項分布により検定した。

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

れた。

それぞれのそばの風味に関して、「総合的なおいしさ」について5段階評価による官能検査を行った結果を図4に示した。有意差は認められなかったものの、雪室貯蔵のそばの評価の平均点は常温貯蔵のものよりも高く、好まれる傾向がみられた ($p=0.076$)。

モデル実験による雪室貯蔵の効果の検証

雪室における低温・高湿度の条件が、ソバの香気成分の揮発状態に実際に影響するかどうかをより明確にするために、0℃設定の低温高湿度にクラッシュドアイスを静置した疑似雪室を用い、ソバの香気成分の保持効果についてモデル実験を行った。香料を添加する試料としては、内因性の香気成分が少ないβ-コーンスターチを用いた。アルミ皿上に採取したβ-コーンスターチに、ソバの香気成分として検出された成分を中心とする12種類の香気成分を添加し、常温(22℃)、冷蔵(5℃付近)、疑似雪室の条件下で2週間と4週間保存した。それぞれの試料に残存する香気成分をGC-FIDで定量した結果を図5に示した。

常温条件の香気成分は2週間の貯蔵によって大きく減少し、わずかの香気成分しか残存していなかった。冷蔵条件では、常温条件よりは残

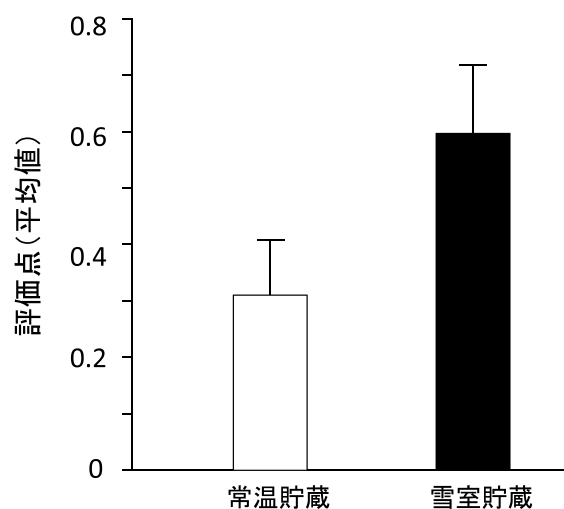


図4 評価法による常温貯蔵そばと雪室貯蔵そばの評価

常温貯蔵した玄ソバと雪室貯蔵した玄ソバの製粉物について、ソバ粉7:小麦粉3の割合で製麺し、2分間茹でたものについて5段階評価法によって官能検査を行った。評価は「総合的なおいしさ」のみを指標として行い、その平均値を標準誤差とともにグラフに示した(常温 $n=35$ 、雪室 $n=33$)。

存率が高かったものの、香気成分はやはり大きく減少していた。一方、疑似雪室条件では多くの香気成分が残存しており、オクタノール、ノナノール、ノナノール、ノネノールでは、冷蔵条件と比較しても4~10倍程度の香気成分が保持されていた。4週間の貯蔵では、さらに大きく香気成分が減少しており、常温条件ではほとんどの香気成分が検出されなかった。疑似雪室条件でも2週間貯蔵と比べて香気成分は減少していたが、オクタノール、ノナノール、ノネノールでは、やはり冷蔵条件の4倍以上の香気成分が残存していた。

興味深いことに、雪室による香気保持効果はヘキサナールやヘキセナール、ヘキサノール、ヘキセノールのようなより揮発しやすいアルデヒド類や短鎖のアルコールについては認められず、高級脂肪族アルコール類に関して保持効果が大きいことが示された。このことは、雪室貯蔵は全ての香気成分を保持するのではなく、ヘキサナール(古米臭)やヘキセナール(青臭さ)のようなオフフレーバーの原因となるアルデヒド類については保持効果を持たないことを意味

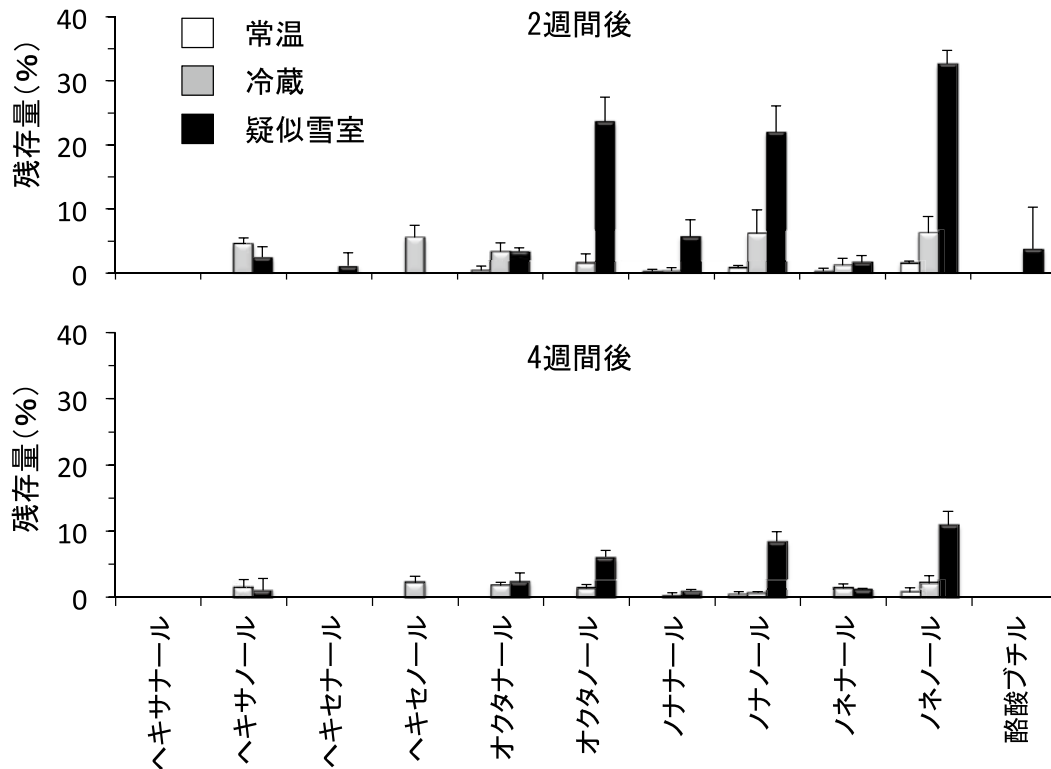


図5 疑似雪室によるモデル実験でのソバ香気成分の保持

アルミ皿上に採取した β -コーンスターチに、ソバの香気成分として検出された成分を中心とする12種類の香気成分を添加し、常温(22℃)、冷蔵(5℃付近)、疑似雪室(0℃設定の低温高湿庫にクラッシュドアイスを静置したもの)の条件下で2週間と4週間保存した。それぞれの試料に残存する香気成分を水素炎イオン化型検出器ガスクロマトグラフィー(GC-FID)で定量した。

している。

以上の結果から、雪室貯蔵はソバの品質保持上で有効であり、これは脂質過酸化の抑制と香気成分の保持の両面からもたらされるものであることが明らかにされた。

考察

本研究では、高温による品質低下の大きいソバについて、常温貯蔵、冷蔵貯蔵、雪室貯蔵の影響を比較検討することにより、雪室貯蔵の高い品質保持効果を明らかにした。

ソバの品質評価においては、脂質過酸化の度を指標とした。長期保存に伴うソバの品質劣化では、脂質の変化による影響が大きいことが報告されている¹²⁾。米や麦、ソバなどの穀物の油脂には不飽和脂肪酸が多く含まれており、酸素との反応による自動酸化で生じたヒドロキシペルオキシドが連鎖反応で増加し、分解して低級脂肪酸やアルデヒド類となるため、呈味と

香気の悪化につながる。貯蔵期間が長くなり脂質の酸化が進んだ穀物は特有の「酸化臭」が生じるため、米をはじめとする穀物では脂質の酸化の度合いを示す「酸価」や「過酸化値」が品質保持の指標とされている。通常、高温状態にあるほど過酸化脂質の生成は増加することから、低温下における貯蔵は脂質過酸化を抑制する上で有効であり、これが雪室貯蔵によるソバの品質保持に繋がったと考えられる。また、2.5ヶ月間の貯蔵では、雪室貯蔵は冷蔵保存と比較した場合でもさらに優れた過酸化脂質の抑制効果を示したことから(図1)、高湿度の条件も脂質過酸化の抑制に好影響を与えた可能性が考えられる。ソバの品質・風味に与える湿度の影響と最適な湿度条件については、今後の研究により明らかにしていきたい。

雪室貯蔵による品質保持効果は、香気成分の保持においても認められた。常温貯蔵と比べた場合、冷蔵・雪室貯蔵で多くの香気成分が残存しており、特に5ヶ月間の貯蔵では、好ましい

香りである酪酸ブチルが雪室貯蔵において冷蔵保存と比較しても多く保持されていることが示された(図3)。一方、7.5ヶ月後では、全ての貯蔵方法において香氣成分が大きく減少しており、貯蔵方法による違いは認められなかった(図3)。7.5ヶ月後では、TBA法による過酸化脂質量の測定でも差がみられなかったことから(図1)、雪室貯蔵は5ヶ月以上の貯蔵においては効果が小さい可能性も考えられる。冷蔵及び雪室貯蔵がソバの長期間の保存に有効であるかどうかについては、再度の試験により確認する必要があるものと考えられる。

雪室による香氣成分の保持効果については、疑似雪室(0℃設定の低温高湿庫にクラッシュドアイスを静置したもの)を用いたモデル実験で確認した。このモデル実験では、ソバの香氣成分を構成すると考えられる12種類の香氣成分をデンプンに添加した試料を、常温、冷蔵庫、疑似雪室のそれぞれの条件下で保存することにより行ったが、疑似雪室は冷蔵庫と比較しても極めて高い香氣成分の保持効果を示した(図5)。このことは、香氣成分の保持においては低温のみならず、高湿度の条件が大きな影響を持つことを示している。筆者らの以前の研究¹⁰⁾において、雪室貯蔵した焙煎後のコーヒー豆は呈味が向上しており、これは不快臭を含むアルデヒド類の香氣成分が減少し、甘い香りや香ばしい香りを含むピラジン類とコーヒーらしい香りを含むフラン類の構成比が上昇することによるものであることを報告した。本研究の結果でも、雪室による香氣保持効果はヘキサナールのようなオフフレーバーの原因となる短鎖アルデヒド類については認められなかったことから、雪室貯蔵は「そばらしい」香氣の保持に働く傍ら、雑味の原因となる短鎖アルデヒドのような香氣は保持しない可能性が示され、食品の香氣に与える雪室貯蔵の有効性が確認された。

官能検査による評価では、雪室貯蔵した玄ソバから調製したそばは常温貯蔵したものと有意に区別された(表1)。評価法でも有意差は認められなかったものの、高い評価を受ける傾向がみられた(図4)。官能検査に用いた試料は貯蔵開始から7.5ヶ月後のものであり、過酸化脂質量と香氣成分の分析では有意差が認められ

なかったものであるが、官能検査では区別することが可能であった。過酸化脂質量の分析結果と官能検査の結果との相関性については、再試験により異なる貯蔵期間のものについても官能検査を行うことによって確認する必要があるものと考えられる。また、今回用いた評価法においては、指標が「総合的なおいしさ」の評価についてのみであったことから、香りやテクスチャー等を含めた評価項目を設けることにより、より明確な結果が得られるものと考えられる。

新潟県の山間部や佐渡地域では、古来より棚田を利用した耕作により稲作が行われてきたが、過疎や生産者の高齢化、生産調整、米価低迷などにより近年では耕作放棄地が拡大しつつある。加えて、平成16年(2004年)の中越地震や、平成23年(2011年)の長野県北部地震、また近年の豪雪の災害などが重なり、ますますその深刻化が懸念されている。このため、現地では米以外の付加価値作物への転換が急務とされており、特に山間地での栽培に適しているソバを耕作放棄地で栽培することによる「地域おこし」が期待されている。また、これらの地域の多くは豪雪地域であることから、収穫した玄ソバの雪室・雪中貯蔵が試みられており、高付加価値食品としての「雪室そば」の普及が取り組まれている。ソバにおける雪室貯蔵の有用性を示した本研究の成果は、これらの地域産業による六次産業化と、それによる地域振興の一助となることが期待される。

豪雪地域において、毎年、冬に降り積もる膨大な量の雪は、他方では無尽蔵の氷雪エネルギー源である。近年では、雪や氷を利用する氷雪冷熱が環境に優しい冷熱エネルギーとして見直されており、「雪氷熱エネルギー」は平成14年1月の「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」の改正により新エネルギーとして認知されている。東日本大震災以降、再生可能エネルギーへの注目が高まっており、雪室貯蔵を利用した高付加価値食品の製造が広がりつつある。本研究の成果と同様、今後これらの食品についても分析が進められ、雪室貯蔵の有効性が検証されていくことが望まれる。

結語

本研究では、夏期の高温による品質低下が大きいソバを試料とし、その品質保持における雪室貯蔵の効果を検証した。その結果、ソバの雪室貯蔵はその品質と香気成分を保持する上で有効であることが示され、またこの効果は低温のみならず高湿度の条件が寄与していることが示唆された。貯蔵期間の著しい延長効果は認められないものの、雪室貯蔵によるソバの風味向上・維持効果が確認されたことから、高付加価値ソバの安定製造による地域産業の振興化が期待される。

謝辞

本研究は独立行政法人 科学技術振興機構の復興促進プログラム (A-STEP) 探索タイプ「新たな評価軸による雪室貯蔵食材の解析と雪室ブランド品の開発」(課題番号:241FT0310)の一部として行われました。また、雪室貯蔵には、公益財団法人 雪だるま財団にご協力を頂きました。厚く感謝申し上げます。

文献

- 1) 梅宮弘道．雪室 ゆきむろ．1994; 熱物性, 8: 238-243.
- 2) 竹井巖．石川県における明治大正期の氷室と雪氷利用．2006; 北大学紀, 30: 107-120.
- 3) 竹井巖、神田健三、小川弘司．石川県の氷室(雪室)の調査リスト．2009; 北陸大学紀要, 33: 109-124.
- 4) 中村信吾、平田貴子、増田誠二、長田恭一、戸羽隆宏．雪室を使用した食品素材の貯蔵に関する基礎調査．2003; 弘大農生報, 5: 39-44.
- 5) 石原和夫、鈴木裕行、土田早苗、馬克己、萩幸男、横山泰裕．ニンジンの雪下貯蔵に伴う香気成分の変化．2005; 園芸学研究, 4: 353-357.
- 6) 石原和夫、鈴木裕行．『雪と食とのかかわりあい』ニンジンの雪下貯蔵に伴う食味及び香気成分の変化．1999; 平成9・10年度県立新潟女子短期大学共同研究事業実績報告書, 1-55.
- 7) 松村謙生．野菜の雪中貯蔵方法とその実証．1987; 北陸農業試験場報告, 29: 75-94.
- 8) 下條明、佐藤嘉一、安藤健介、長谷川雅明、加納義高、高橋聡、渡辺聡．『ばれいしょ』の雪室貯蔵による品質向上効果の検証～低炭素社会にふさわしい雪による新たなニイガタブランドの創造～．2012; 食品の試験と研究, 46: 69.
- 9) 新潟県上越市環境保全課報道資料．雪中貯蔵による食品の成分変化に関する科学的分析・調査結果．2014年1月30日．
- 10) 曾根英行、押味真里菜、伊藤美咲、石黒真理子、辻友美、小林和也、渡辺聡、神山伸．雪室貯蔵によるコーヒー豆の香気成分の変化について(雪室を再現したモデル実験による検討)．2014; Trace Nutrients Research, 31: 12 - 16.
- 11) 上野川修一、駒野徹、志村憲助、中村研三、山崎信行 編集．過酸化脂質・フリーラジカル実験法「チオバルビツール酸反応と脂質過酸化度の測定」．生物化学実験法 34, 144-153.
- 12) 鈴木公一、八橋奏、中村太一、福田豪、阿部申、萩原博和．そばの保存にともなう化学発光量の変化と品質劣化の推定．2003; 日本食品保存学会誌, 29: 291-296.

ABSTRACT

The efficacy of snow room (yukimuro) storage for the preservation of buckwheat grain

Shin Kamiyama^{1†*}, Misaki Itoh^{1†}, Marina Oshimi^{1†}, Mako Takiguchi¹, Shino Kushihara¹,
Mariko Ishiguro¹, Kazuya Kobayashi², Sayaka Shimojo², Satoshi Watanabe², Hideyuki Sone^{1**}

¹ Department of Health and Nutrition, Faculty of Human Life Studies, University of Niigata Prefecture

² Food Research Center, Niigata Agricultural Research Institute

Correspondence, *kammy@unii.ac.jp, **sone@unii.ac.jp. [†]Authors who equally contributed to this work.

“Yukimuro (i.e., snow room)” storage is an old-fashioned food preservation method in heavy snowfall areas of Japan. Yukimuro uses a room filled with snow for the cooling system without external energy source and so that contributes to reduce emissions of CO₂. Additionally, high-humid and low-temperature conditions (nearly 100% and 0°C, respectively) in the yukimuro enable to keep vegetables fresh for a long time, or rather, improve the quality by increasing the taste and flavor components. In the present study, we investigated the efficacy of the yukimuro storage for the preservation of buckwheat grain, which is easy to diminish the quality during the storage under high temperature. In the study, buckwheat grains were immediately stored after the harvest under different three conditions: at room temperature, refrigerator, and Yukimuro storages, for 2.5, 5, and 7 months. At each end of the storage periods, samples were pulled out and provided for analyses of the quality evaluation. At both 2.5 and 5 months periods, the samples stored in yukimuro showed lower lipid peroxidation index and retained high amount of flavor components than those stored at room temperature or in the refrigerator. By organoleptic evaluation, it was confirmed that the noodle prepared from buckwheat grains stored in the yukimuro is significantly distinguishable from that prepared from buckwheat grains stored at room temperature. Furthermore, a model experiment using a low-temperature chamber filled with crushed ice and starch that added 12 flavor components of buckwheat demonstrated that the high-humid and low-temperature conditions in yukimuro could retain higher fatty alcohols, but not undesirable off-flavor aldehydes. These results indicate that yukimuro storage is effective to keep the quality and flavor of buckwheat grain, and that results from the conditions of both cold and high humidity in the yukimuro.

Key Words: yukimuro storage, buckwheat grain, lipid peroxidation, flavor.

Conflict of interest: None declared.